

Prof. C. Gianoglio

Politecnico di Torino

INDURIMENTO SUPERFICIALE: QUALI PROSPETTIVE?

Com'è noto il titanio (e di conseguenza le leghe che da esso derivano) assomma in sé numerose caratteristiche positive quali, principalmente, la possibilità d'essere impiegato ad elevate temperature, la contenuta massa volumica, la soddisfacente resistenza a trazione (facilmente elevabile mediante alligazione e trattamento termico) e l'ottima resistenza alla maggior parte dei più comuni agenti corrosivi.

Una diffusione più massiccia del suddetto metallo, in particolar modo nel settore meccanico, è impedita dai pochi, ma evidentemente determinanti, svantaggi ad esso associati. Non voglio considerare tra questi il fattore economico (che innegabilmente può costituire il criterio prioritario di scelta da parte del potenziale acquirente ed utilizzatore) in quanto condizionato da leggi di mercato e da tecnologie di produzione le quali possono evolvere anche improvvisamente determinando imprevedibili "cambiamenti di rotta".

I principali punti deboli associati al titanio sono prevalentemente quelli derivati dalla sua scarsa resistenza all'usura. Siamo convinti che i trattamenti d'indurimento superficiale possano contribuire in misura determinante alla risoluzione di buona parte dei problemi d'ordine tecnologico connessi con l'impiego di questo materiale decisamente innovativo, consentendo in particolare l'impiego di componenti meccanici di massa

volumica relativamente contenuta anche in presenza di fenomeni abrasivi particolarmente severi. La formazione di strati esterni di spessore variabile da alcune decine fino ad un centinaio di micrometri comporta il raggiungimento di durezza sufficientemente elevate (mediante 2.000 μ HV) da consentire, tra l'altro, operazioni di lappatura che portano ad un grado di finitura superficiale difficilmente ottenibile su leghe di titanio non trattate. Contestualmente viene incrementato in misura notevole il tempo di durata in esercizio, mentre subiscono una drastica riduzione i coefficienti di attrito e la probabilità di grippaggio delle superfici affacciate.

E' bene inoltre tener presente alcune caratteristiche chimiche e fisiche delle fasi che costituiscono gli strati superficiali induriti:

- esse corrispondono, per lo più, a quelle di equilibrio;
- la loro formazione è accompagnata da una variazione notevole dell'energia libera;
- esse sono caratterizzate da temperature di fusione nettamente superiori a quella del titanio;
- in nessun caso possono formare, con il materiale di base, liquidi eutettici a temperature inferiori a 1.500°C.

Da queste considerazioni si evince la notevole inerzia termochimica delle superfici trattate, le quali mantengono inalterate le loro caratteristiche anche in presenza di condizioni d'esercizio molto severe sia sotto il profilo termico che sotto quello della possibile aggressione da parte di atmosfere corrosive.

Senza entrare nei dettagli, vorrei brevemente descrivere la fenomenologia dell'indurimento superficiale del titanio. In pratica l'obiettivo può essere raggiunto se si riesce a provocare la diffusione di elementi non metallici leggeri (quali idrogeno, boro, carbonio, azoto, ossigeno) all'interno della matrice metallica. In conseguenza delle loro dimensioni relative e delle differenti caratteristiche chimiche, gli atomi del metallo e quelli del non metallo possono interagire principalmente in due modi così schematizzabili:

- formando soluzioni solide prevalentemente di tipo intrusivo caratterizzate da una distorsione reticolare la cui entità dipende dalle dimensioni del soluto e dalla sua concentrazione;
- originando composti che presentano, in molti casi, una notevole latitudine di composizione.

Nella superficie indurita si possono pertanto distinguere due differenti zone contigue separate da una interfaccia più o meno irregolare. Quella più interna (definita convenzionalmente "strato di diffusione") ha un contenuto variabile di elemento non metallico che tende gradualmente a zero con l'aumentare della distanza dal bordo; quella più esterna (detta "strato di composizione") è costituita da composti titanio non metallo a rapporto atomico variabile e crescente verso la superficie.

Sono state effettuate misurazioni di durezza, concludendo che quest'ultima dipende dal tipo della fase e dalla sua composizione: più precisamente aumenta, sia nello strato più esterno che in quello più interno, all'aumentare del

contenuto di non metallo. Grazie a ciò si ottiene, dal bordo verso la matrice una progressiva diminuzione della durezza; essa è una caratteristica intrinseca della fasi ottenute nel corso della diffusione e non indotta a seguito di trattamenti termici, in tal caso non necessari.

Desidero a questo punto sottolineare che le leghe di titanio indurite superficialmente sono in grado di vincere il confronto con materiali tradizionali quali gli acciai sottoposti a cementazione nitrurante i cui strati di composizione, pur avendo pari resistenza all'usura, possono essere teoricamente impiegati solo fino a temperature prossime a 590°C , al di sopra delle quali avvengono trasformazioni di fase. A proposito dei trattamenti classici d'indurimento superficiale degli acciai, ritengo non possa essere effettuato un confronto con la cementazione carburante o con la tempra superficiale i cui effetti si perdono a temperature superiori a 200°C e che consentono comunque l'ottenimento di strati non altrettanto duri.

Dopo quanto affermato sin'ora, ci si potrebbe chiedere se queste considerazioni manchino di obiettività, poiché sono stati considerati particolarmente gli aspetti positivi del tema. Il ricercatore onesto deve porsi in modo neutrale di fronte ai problemi della sperimentazione evidenziando valutando e (se possibile) eliminando gli ostacoli che si presentano lungo il non facile cammino del miglioramento delle caratteristiche d'impiego dei materiali.

Il primo aspetto negativo è costituito dall'esiguità dello strato indurito che, di regola, non supera il centinaio di micrometri.

Il secondo (in ordine di elencazione, non d'importanza) riguarda la variazione dimensionale del bordo indurito conseguente la formazione dei composti titanio - non metallo: ad essi competono volumi molecolari che sono dal 7 al 50% maggiori del volume atomico del materiale di base. Questa è la causa principale (ma non l'unica) dell'imperfetto aggancio alla matrice da parte dello strato di composizione, il quale tende talvolta alla sfogliatura. Il suddetto fenomeno è ancora in fase di studio e se ne prevede la neutralizzazione a scadenze non brevissime.

Per quanto l'indurimento superficiale del titanio mediante trattamenti termochimici sia un tema di ricerca altamente innovativo e perciò momentaneamente non molto ricco di documentazione scientifica e tecnica, è possibile individuare tre filoni principali di ricerca che riguardano la borurazione, la carburazione e la nitrurazione. Nel corso di questi processi l'elemento non metallico può essere fornito dalla scissione di suoi composti che, alla temperatura di trattamento, si trovano allo stato solido, liquido o gassoso; essi vengono additivati eventualmente con attivatori e diluiti con inerti.

Ultimamente si è affermata una tecnica più sofisticata, quella del bombardamento ionico, grazie alla quale è possibile ottenere strati più uniformi, più spessi e meglio aderenti a parità di temperatura e durata del trattamento.

Da qualche tempo sono allo studio riporti superficiali ottenuti mediante alligazione con laser di potenza; sebbene sia troppo presto per riferire dei risultati sperimentali, possiamo affermare che, grazie alla sua formazione da liquido, lo strato di composizione presenta un aggancio nettamente migliore rispetto a quello ottenibile con metodi tradizionali.